

# ESETTANULMÁNY A FELSZÍNBORÍTÁS VÁLTOZÁS ÉGHAJLATMÓDOSÍTÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATÁRA EURÓPÁBAN

## CLIMATIC EFFECTS OF LAND COVER CHANGE, CASE STUDY OF EUROPE

Gálos Borbála<sup>1</sup>, Hänsler Andreas<sup>2</sup>, Kindermann Georg<sup>3</sup>, Rechid Diana<sup>2</sup>,  
Sieck Kevin<sup>2</sup>, Jacob Daniela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet,  
9400 Sopron, Bajcsy Zsilinszky utca 4. [bgalos@emk.nyme.hu](mailto:bgalos@emk.nyme.hu);

<sup>2</sup>Climate Service Center, Germany, eine Einrichtung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht

<sup>3</sup>IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis, Austria

**Összefoglalás.** Az esettanulmány célja az erdőterület-növekedés éghajlati hatásainak, a klímaváltozás mérséklésében betöltött szerepének számszerűsítése Európában. A REMO regionális klímamodell segítségével vizsgáltuk, hogy a feltételezett potenciális erdőtelepítéssel milyen irányban és mértékben befolyásolhatók a 2071-2090-es időszakra előrejelzett hőmérséklet- és csapadéktendenciák. A modellszimulációk eredményei alapján, potenciális erdőtelepítés feltételezésével nyáron a mérsékelt övi területek döntő része hűvösebb, csapadékosabb lehet. A legnagyobb hatás Német- és Lengyelország északi részén, valamint az ukrán-belorusz-orosz határvidéken várható. Ezekben a területeken az erdőtelepítés hatása a hőmérsékletre egy nagyságrenddel kisebb, mint az üvegházgáz koncentráció változásáé. A klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés azonban szinte teljes egészében kiegyenlíthető lenne, és a szélsőségesen meleg és száraz napok gyakorisága csökkenhet. A vegetáció-klíma kölcsönhatások számszerűsítése nem csak az egyes felszínborítási típusok és földhasználati módok klímavédelmi szerepének összevetését, értékelését teszi lehetővé, hanem az éghajlatváltozás következményeinek megelőzését, enyhítését célzó ágazati stratégiák alapja is lehet.

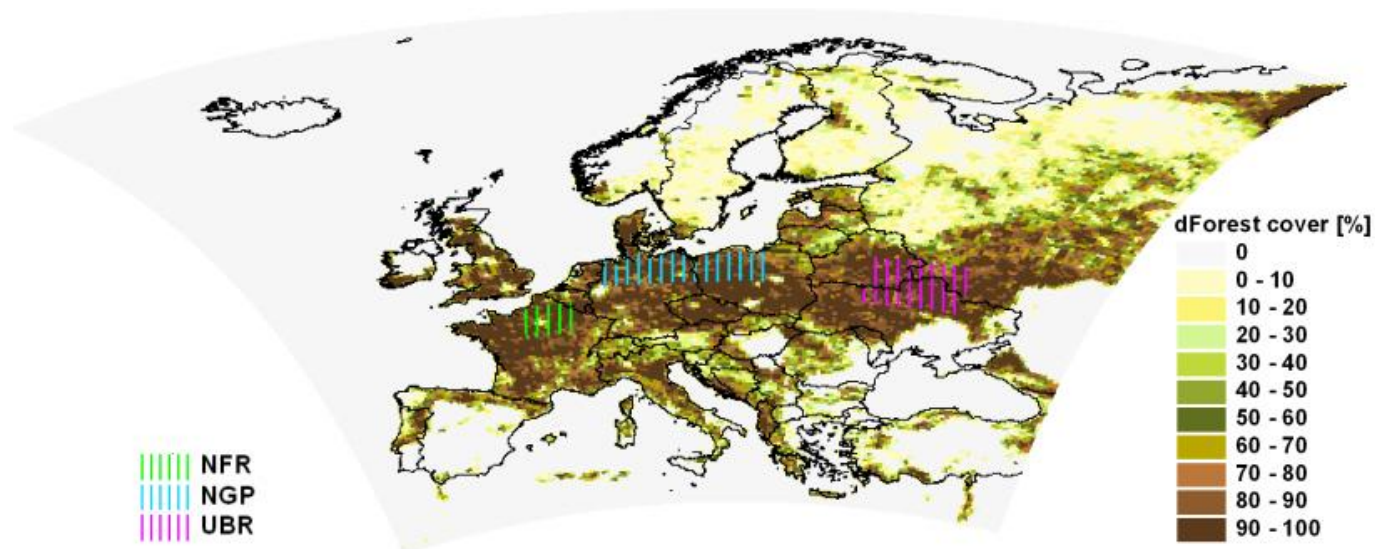
**Abstract.** A regional-scale case study has been carried out to assess the possible climatic benefits of forest cover increase in Europe. For the end of the 21<sup>st</sup> century (2071-2090) it has been investigated, whether the projected climate change could be reduced assuming potential afforestation of the continent. The magnitude of the biogeophysical effects of enhanced forest cover on temperature and precipitation means and extremes have been analyzed relative to the magnitude of the climate change signal applying the regional climate model REMO. The simulation results indicate that in the largest part of the temperate zone potential afforestation may reduce the projected climate change through cooler and moister conditions, thus could contribute to the mitigation of the projected climate change for the entire summer period. The largest relative effect of forest cover increase can be expected in northern Germany, Poland and Ukraine. Here, the projected precipitation decrease could be fully compensated, the temperature increase could be relieved, and the probability of extremely warm and dry days could be reduced. Results can help to identify the areas, where forest cover increase could be the most effective from climatic point of view and provide an important basis of the future adaptation strategies and land use policy.

**Bevezetés.** A felszínborítást egyrészt természeti tényezők, másrészt antropogén hatások (tájhasználat, földhasználati- és földbirtok politika) befolyásolják, alakítják. Európában a 21. századi klimatikus tendenciákkal, valamint a mező-, erdő- és vízgazdálkodásra, emberi egészségre és infrastruktúrára gyakorolt hatásaival számos nemzetközi kutatási projekt foglalkozott (*Christensen et al.* 2007, *Jacob et al.* 2008, *van den Linden–Mitchell* 2009). A klímaváltozás hatására bekövetkező felszínborítás változás hazánkban már megfigyelhető. Itt, a zárt (zonális) erdő és számos zonális fafaj elterjedésének alsó határán (*Mátyás et al.* 2009), az elmúlt évtizedek súlyos aszályai eredményeként a humidabb klímát kedvelő állományalkotó fafajaink elterjedési területének drasztikus csökkenését figyelték meg (*Mátyás et al.* 2010, *Berki et al.* 2009, *Czucz et al.* 2011, *Führer et al.* 2011). Ha a 21. században az előrejelzések szerint folytatódik a szélsőségesen száraz időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése (*Szalai és Mika* 2007, *Bartholy et al.* 2007, *Gálos et al.* 2009, *Hollósi et al.* 2011, *Bartholy et al.* 2011), a hatások fokozottabban jelentkezhetnek.

A vegetáció nem csupán klímaindikátor és hatásviselő, hanem az időjárás és az éghajlat alakításában is kulcsszerepet játszik. A vegetációval borított felszínnek a csupasz talajhoz képest alacsonyabb az albedója, nagyobb az érdessége és párologtató felülete, ezáltal hat a légkör energia- és vízháztartására (biogeofizikai hatások; *Bonan* 2008). A felszínborítás és változása összetett kölcsönhatás-folyamatokon keresztül visszahat a klímára, erősítheti vagy mérsékelheti az üvegházgáz koncentráció változásából eredő klímaváltozást. *Drüsler et al.* (2009, 2010) Magyarországra, a XX. századra kimutatta, hogy a földhasználat változás képes befolyásolni az éghajlatot és az időjárást. A mérsékelt égövben az erdők klimatikus szerepe regionális léptékben vitatott (*Bonan* 2008, *Jackson et al.* 2008). Egyes kutatások szerint, ha az erdőterületeket mezőgazdasági művelés alá vonják, csökken a hőmérséklet (*Anav et al.* 2010). Más tanulmányok alapján a gyepek és a szántók erdősítése indukál hűtő és csapadék-növelő hatást (*Hogg et al.* 2000, *Sánchez et al.* 2007), melyet *Gálos et al.* (2011, 2012b) hazai erdőkre végzett esettanulmánya is alátámasztott.

A felszínborítás és földhasználat változás klimatikus hatásainak megértése, számszerűsítése nélkülözhetetlen az éghajlatváltozás következményeinek megelőzését, enyhítését célzó stratégiák kidolgozásához. Európában ebben a

– üvegházgáz (ÜHG) koncentráció változás az A2-es IPCC-kibocsátási forgatókönyv szerint (IPCC 2007) a 2071-2090-es időszakra, változatlan erdőterülettel,



1. ábra: Az erdőterület növekedése [%] a potenciális erdőtelepítés feltételezésével. Csíkozással jelölve a részletesebben elemzett térségek: Észak-Franciaország (NFR), Német- és Lengyelország északi része (NGP), Ukrajna-belorusz-országi határvidék (UBR).

témában jelenleg kevés komplex elemzés és kutatási eredmény létezik. Ezért ezt a problémakört vizsgálta a CC-TAME EC-FP7-es projekt ([www.cctame.eu](http://www.cctame.eu)) is, melynek keretében arra a kérdésre kerestünk választ, hogy mekkora az erdőtelepítés éghajlati hatása Európában, valamint mekkora szerepet töltenek be az erdők a

– ÜHG koncentráció változás az A2-es kibocsátási forgatókönyv szerint a 2071-2090-es időszakra, potenciális erdőtelepítés feltételezésével. A potenciális erdőtelepítési térkép Európa nettó primer termelés térképe alapján készült, melyet MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) műhold ada-

1. táblázat: Modellszimulációk és jellemzőik (CC-GHG: klímaváltozás ÜHG koncentráció változás hatására, CC-FOR: klímaváltozás potenciális erdőtelepítés hatására CC-GHG+FOR: klímaváltozás ÜHG koncentráció változás + potenciális erdőtelepítés hatására).

Időszak	1971-1990		2071-2090	
Kibocsátási forgatókönyv			IPCC-SRES A2 ÜHG kibocsátási forgatókönyv	
Felszínborítás jellemzői	Változatlan erdőterület		Változatlan erdőterület	Potenciális erdőtelepítés

21. század végére várható klímaváltozás mérsékelésében.

**Adat és módszer.** A 21. századi hőmérséklet- és csapadéktendenciákat, valamint a felszínborítás változás éghajlatra gyakorolt hatását a hamburgi fejlesztésű REMO regionális klímamodell (Jacob et al. 2001) eredményei alapján határoztuk meg. Európa területére, 25 km-es horizontális felbontás alkalmazásával az alábbi szimulációkat végeztük (1. táblázat):

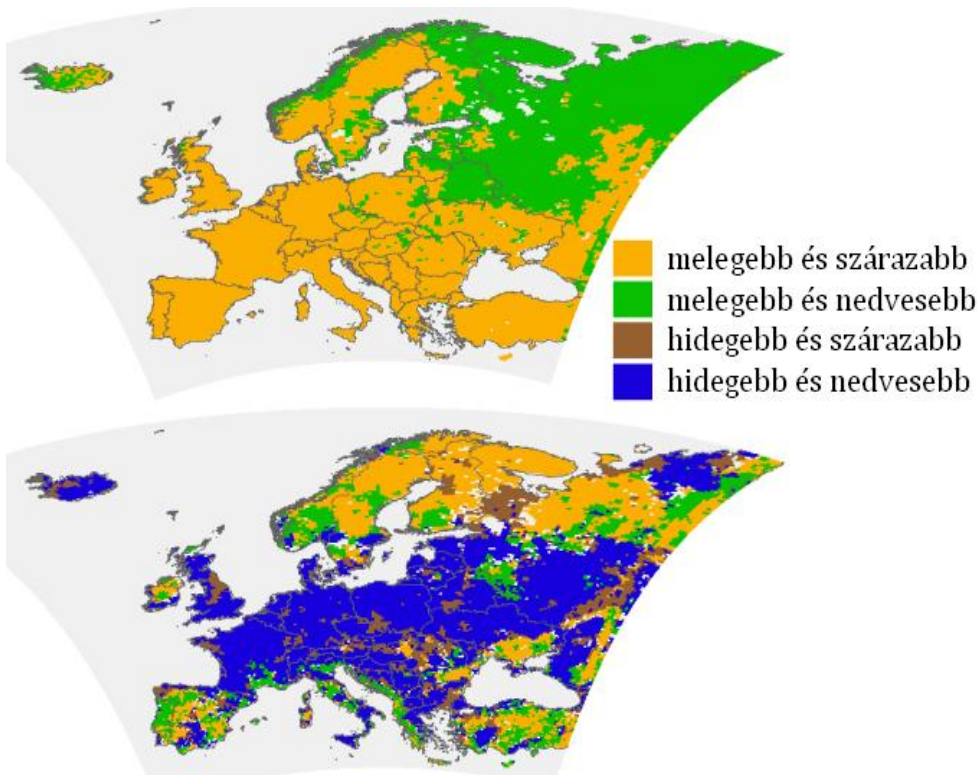
– 1971-1990-es klimatikus feltételek változatlan erdőterülettel, (referencia),

tokból, a Wordclim adatbázis hőmérséklet- és csapadékadatából, valamint a IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) talajadatbázisa felhasználásával vezettek le (Kindermann, szóbeli közlés). Esettanulmányunkban az erdőterületek növelését lombérdővel valósítottuk meg (1. ábra).

A modell a vegetációt az egyes felszínborítási kategóriákhoz rendelt paraméterekkel (pl. albedó, levélfelületi index, érdesség, frakcionális vegetációborítás, talajból felvehető vízmennyiség stb.) írja le (Hagemann 2002). A nyári hónapokban erdőtelepítés hatására ezek közül a

legjelentősebb növekedés a levélfelületi indexben és az érdességben volt tapasztalható, míg az albedó értékek csökkenést mutattak. Az erdők klimatikus hatása várhatóan a vegetációs időszakban a legnagyobb, ezért a június- július-augusztus hónapok 20 évi hőmérséklet- és csapadékatlagait elemeztük. A klímaváltozás mértékét 2071-2090-re határoztuk meg, az 1971-1990-es periódushoz képest (CC-GHG; 1. táblázat). A 21. század végi időszakra összehasonlítottuk a potenciális erdőtelepítési forgatókönyvekkel szimulált éghajlati viszonyokat a változatlan felszínborítással végzett futtatás eredményeivel (CC-FOR; 1. táblázat). Az erdőterület-növekedés klimatikus hatásainak irányát és nagyságrendjét összevetettük a szimulált klímaváltozás mértékével, valamint számszerűsítettük a két hatás eredőjét (CC-GHG+FOR; 1. táblázat). Az ÜHG koncentráció változás és a potenciális erdőtelepítés hőmérséklet- és csapadék átlagokra és szélsőségekre gyakorolt hatását három mérsékelt övi régióra, részletesen is értékeltük, ahol a feltételezett erdőterület

részen a legmarkánsabb. Ezzel egyidejűleg Európa középső és déli vidékein a nyári csapadékmennyiség csökkenhet az 1971-1990-es időszakhoz képest, a szárazodó tendencia a mediterrán térségben a legerőteljesebb (2. ábra). A potenciális erdőtelepítés (állandó ÜHG koncentráció mellett) a mérsékelt öv döntő részében hűvösebb és nedvesebb viszonyokat eredményezhet, ezáltal enyhítheti a 2071-2090-es időszakra prognosztizált klímaváltozás mértékét (2. ábra). A legnagyobb klímaváltozás-enyhítő hatás Németország és Lengyelország északi részén, valamint az ukrán-belorusz-orosz határvidéken várható. A melegedés-szárazodás által fokozottan érintett mediterrán vidékeken kisebb változásokat szimuláltunk (Gálos és Jacob 2012a). Eredményeink alátámasztják, hogy a vegetációs időszakban a nagyobb sugárzás, valamint a fás növényzet nagyobb levélfelületi indexe és érdessége intenzívebb transpirációt indukál (ameddig van elegendő elérhető vízmennyiség a talajban). A párolgás hűtő hatása mellett a hőmérsékleti viszonyok alakításában



2. ábra:

A nyári hőmérséklet és csapadékmennyiség változása ÜHG koncentráció változás hatására (2071-2090 vs. 1971-1990; felső ábrarész),

illetve

potenciális erdőtelepítés hatására (2071-2090; alsó ábrarész).

az albedó is szerepet játszik.

növekedés a legnagyobb mértékű és a biogeofizikai hatásai éghajlati szempontból, regionális léptékben a legkedvezőbbek. A választott régiók (1. ábra): észak-Franciaország (NFR), Németország és Lengyelország északi része (NGP), valamint az ukrán-belorusz-orosz határvidék (UBR).

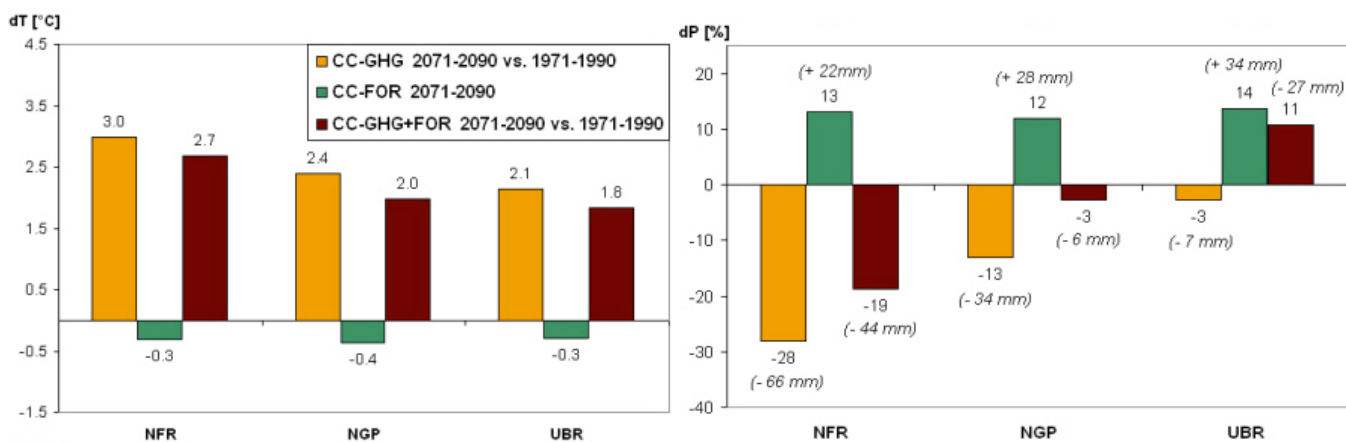
**Eredmények.** ÜHG koncentráció változás hatására (változatlan felszínborítás mellett) a REMO regionális klímamodell eredményei a többi európai regionális klímaszimuláció eredményeihez hasonlóan (Christensen et al. 2007, Jacob et al. 2008) jelentős nyári felmelegedést mutatnak (ábra). A 2070-2090-re várható hőmérsékletnövekedés a kontinens déli és északkeleti

A kisebb albedójú lombkorona a sugárzás nagyobb hányadát nyeli el, ezért melegebb, mint más növényzettel borított felszín. Ez mérsékelheti az evapotranspiráció hűtő hatását. (A transpiráció csökken a magasabb CO<sub>2</sub> tartalom hatására összebb záruló sztomák miatt is, azonban ezt a folyamatot a modell nem veszi figyelembe.) A fokozott evapotranspiráció konvektív csapadékképződéshez vezet, azonban csapadék kialakulását nem csak a lokális folyamatok irányítják: Skandinávia északi és Oroszország északnyugati részén Európa potenciális erdősitése szárazabb viszonyokhoz vezethet (2. ábra).

Az erdőtelepítés és az ÜHG koncentráció változás eredő hatásának értékelését három mérsékelt övi régióra (1. ábra)

mutatjuk be részletesen, ahol az erdőterület növekedés biogeofizikai hatásai éghajlati szempontból, regionális léptékben a legkedvezőbbek. A 3. ábra szemlélteti, hogy mindhárom vizsgált régióban a potenciális erdőtelepítés és a klímaváltozás (ÜHG koncentráció változás hatására)

esetében (NGP) a klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés kisebb (-13%; -35 mm), mely szinte teljes egészében kiegyenlíthető lenne, amennyiben van elegendő felvehető vízmennyiség a talajban (3. ábra). Az ukrán-belorusz-orosz határvidéken (UBR) az erdők hatá-



3. ábra: A nyári középhőmérséklet ( $dT$ , baloldal) és csapadékösszeg ( $dP$ ; jobboldal) változása ÜHG koncentráció változás hatására (CC-GHG; 2071–2100 vs. 1961–1990), potenciális erdőtelepítés hatására (CC-FOR; 2071–2100) illetve ÜHG koncentráció változás + potenciális erdőtelepítés hatására (CC-GHG+FOR; 2071–2100 vs. 1961–1990) a három vizsgált régióban (NFR: Észak-Franciaország, NGP: Német- és Lengyelország északi része, UBR: ukrán-belorusz-orosz határvidék).

egymással ellentétes előjelű változásokat eredményez a nyári hőmérsékletben és csapadékmennyiségben egyaránt. Az erdőtelepítés hatása a hőmérsékletre egy nagyságrenddel kisebb (-0,3, -0,4 °C), mint az ÜHG koncentráció változásáé (+2,1, +2,4 °C; 3. ábra). Kisebbségi területeken azonban ennél nagyobb hőmérsékletcsökkenés is

sa nagyobb, mint az ÜHG koncentráció változásáé, így az eredő hatás az 1971-90-es időszakhoz képest csapadéknövekedéshez vezetne (3. ábra).

A potenciális erdőtelepítés a három régióban hasonló nagyságrendű nyári hőmérséklet és csapadékváltozást eredményezett. A relatív klímaváltozás-mérsékelő hatás-

2. táblázat: Napi hőmérséklet- és csapadékegyérték száma a vizsgált 20 éves időszakokban (CC-GHG: klímaváltozás ÜHG koncentráció változás hatására, CC-FOR: klímaváltozás potenciális erdőtelepítés hatására CC-GHG+FOR: klímaváltozás ÜHG koncentráció változás + potenciális erdőtelepítés hatására; Rday: napi csapadékösszeg; R95%: a napi csapadékösszeg 95% percentilise az 1971-1990-es időszakban; NFR: Észak-Franciaország, NGP: Német- és Lengyelország északi része, UBR: ukrán-belorusz-orosz határvidék).

Extrém index	Régió	Napok száma		Napok számának változása		
		1971-1990	CC-GHG 2071-2090 vs. 1971-1990	CC-FOR 2071-2090	CC-GHG+FOR 2071-2090 vs. 1971-1990	
Hőség napok száma $T_{max} \geq 30 \text{ °C}$	NFR	45	+202	-25	+177	
	NGP	19	+55	-23	+32	
	UBR	64	+104	-23	+81	
Száras napok száma $R_{day} < 1 \text{ mm}$	NFR	909	+234	-55	+179	
	NGP	564	+178	-88	+90	
	UBR	712	+73	-42	+31	
Extrém csapadékú napok száma $R_{day} > R_{95\%}$	NFR	47	-11	+13	+2	
	NGP	64	-5	+15	+10	
	UBR	57	+29	+26	+55	

lehetséges (Gálos és Jacob 2012a). Franciaország északi részén (NFR) az A2-es ÜHG kibocsátási forgatókönyv alapján 28%-os (-66 mm) nyári csapadékmennyiség csökkenés várható, ennek egyharmada egyenlíthető ki erdőtelepítéssel. Észak-Németország és Lengyelország

ban tapasztalt különbségek a vizsgált térségek között az ÜHG koncentráció változás eltérő hatásaival magyarázhatók.

Mindhárom területre jellemző, hogy a 21. század végére szignifikánsan megnövekedhet a meleggel kap-

csolatos szélsőségek, valamint a száraz napok gyakorisága az 1971-1990-es időszakhoz képest. Európa potenciális beerdősítésével a hőségnapok száma csökkenthető (2. táblázat), de ennek mértéke lényegesen kisebb, mint az ÜHG koncentráció változás hatásának nagysága (a meleg- és forró napok esetében is hasonló tendencia figyelhető meg). Az észak-német régióban, valamint az ukrán-belorusz-orsz határvidéken a száraz napok gyakoriságában várható erőteljes növekedés erdőtelepítéssel a felére csökkenthető (2. táblázat). A modellszimuláció eredményei alapján az erdőterület növelése a napi csapadékmennyiség növekedésével járhat, ezzel együtt a szélsőségesen nagy napi csapadékok is gyakoribbá válhatnak.

**Összefoglalás, következtetések.** A felszínborítás változás lehetséges klímamódosító hatását a REMO regionális klímamodell segítségével elemeztük. A 2071-2090-es időszakra vizsgáltuk, hogy Európa területének potenciális beerdősítésével milyen irányban és mértékben befolyásolhatók az A2 ÜHG kibocsátási forgatókönyv alapján várható hőmérséklet és csapadéktendenciák. Az erdőtelepítés biogeofizikai hatásának térbeli elemzésével meghatároztuk azokat a területeket, ahol az erdőtelepítés éghajlatra gyakorolt hatása a legnagyobb, valamint ahol az erdők hatása jelentéktelen. Az eredmények alapján potenciális erdőtelepítés feltételezésével nyáron a mérsékelt övi területek döntő része hűvösebb, csapadékosabb lehet. A legnagyobb klímaváltozás-mérsékelő hatás Németország és Lengyelország északi részén, valamint az ukrán-belorusz-orsz határvidéken várható. Ezek a területek az erdőtelepítés hatása a hőmérsékletre egy nagyságrenddel kisebb, mint az üvegházgáz koncentráció változásáé. A klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés azonban szinte teljes egészében kiegyenlíthető lenne, ameddig van elegendő felvehető vízmennyiség a talajban, és a szélsőségesen meleg és száraz napok gyakorisága csökkenhet. Korábbi, Magyarországra végzett esettanulmányunk eredményei is hasonló irányú változásokat mutattak (Gálos et al. 2011, 2012b). Azonban hazánkra lényegesen kisebb arányú erdőtelepítést feltételeztünk, így a klímaváltozás-mérsékelő hatás nagyságrendje is kisebb volt. Ennek ellenére lokális léptékben az erdők kedvező mikroklimatikus hatásai, ökológiai szolgáltatásai, védelmi- és jóléti funkciói jelentősek. Esettanulmányunkban egy regionális klímamodellt és egy kibocsátási forgatókönyvet alkalmaztunk. A modell nem veszi figyelembe az erdei mikroklímát, valamint a biokémiai folyamatokat és kölcsönhatásokat (pl. szénkörforgalom). Számos jelenleg is futó (Pielke et al. 2011, de Noblet-Ducoudre et al. 2012), illetve induló nemzetközi projekt tervezi a felszínborítás és földhasználat változás éghajlati hatásaival kapcsolatos kutatások módszereinek pontosítását, továbbfejlesztését, eredményeinek kiterjesztését, melyet a téma gyakorlati jelentősége is indokol. A vegetáció-klíma kölcsönhatások számszerűsítése nem csak az egyes felszínborítási típusok és földhasználati módok klímavédelmi szerepének összevetését, értékelését teszi lehetővé, hanem az éghajlatváltozás következményeinek megelőzését, enyhítését célzó ágazati stratégiák alapja is lehet.

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönjük a hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézet regionális modellezéssel foglalkozó csoportjának a modellfuttatásokhoz biztosított technikai körülményeket és szakmai tapasztalatokat, valamint Mátyás Csaba Professzor Úr iránymutatását a téma gyakorlati vonatkozásaival kapcsolatban. A kutatás a CC-TAME EC-FP7-es projekt (www.cctame.eu; grant agreement n° 212535), a TÁMOP 4.2.2-08/1-2008-20, valamint a Talentum, Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP, 4.2.2. B, 10/1, 2010, 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Irodalom

- Anav, A., Ruti, P.M., Artale, V. és Valentini, R., 2010: Modelling the effects of land-cover changes on surface climate in the Mediterranean region. *Clim. Res.* 41, 91–104.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy., 2007: Regional climate change expected in Hungary for 2071–2100. *Applied Ecology and Environmental Research* 5, 1–17.
- Bartholy J.; Bozó L. és Haszpra L. (szerk.), 2011: Klímaváltozás, 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. *Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke*, Budapest, 281p.
- Berki, I., Rasztovíts, E., Móricz, N. és Mátyás, Cs., 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. *Cereal Research Communications* 37, 613–616.
- Bonan, G.B., 2008: Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320, 1444–1449.
- Christensen, J.H., Carter, T.R., Rummukainen, M., és Amanatidis, G., 2007: Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. *Clim. Change* 81:1-6. doi:10.1007/s10584-006-9211-6
- Czúcz, B., Gálhidy, L., és Mátyás, Cs., 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Ann. For. Sci.* 68, 99–108.
- Drüsler Á., Csirmaz K., Vig P., és Mika J., 2009: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra és az időjárásra. *Természet Világa.* 140, 521-523.
- Drüsler Á., Csirmaz K., Vig P. és Mika J. 2010: Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary. In S. P. Saikia (szerk.): *Climate Change* (Dehra: International Book Distributors), 394–418.
- Führer E., Marosi Gy., Jagodics A. és Juhász I., 2011: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények* 1, 17-28.
- Gálos B., Lorenz, Ph. és Jacob, D., (2009) Klímaváltozás, szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? „Klíma-21” Füzetek 57, 56-63.
- Gálos, B., Jacob, D. és Mátyás, Cs., 2011: Effects of simulated forest cover change on projected climate change, a case study of Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 7, 49-62.
- Gálos, B. és Jacob, D., 2012a: Regional-scale assessment of the climatic role of forests under future climate conditions. In: Liu, G. (ed). *Greenhouse Gases-Emission, Measurement and Management*. ISBN 979-953-307-224-0, 295-314.

- Gálos B., Mátyás Cs és Jacob, D., 2012b: Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében. *Erdészettudományi Közlemények* (in print)
- Hagemann, S., 2002: An improved land surface parameter dataset for global and regional climate models. *Report 336, Max-Planck-Institute for Meteorology*, Hamburg
- Hogg, E.H., Price, D.T. és Black, T.A., 2000: Postulated feedbacks of deciduous forest phenology on seasonal climate patterns in the Western Canadian interior. *Journal of Climate* 13, 4229-4243.
- Hollósi B., Pongrácz R., Bartholy J., Török O., 2011: Milyen aszályviszonyokra számíthatunk a Kárpát-medence térségében a XXI. században? A várható változások elemzése RegCM-szimulációk alapján. *Légkör* 56, 140-143.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch>.
- Jackson, R.B., Randerson, J.T., Canadell, J.G., Anderson, R.G., Avissar, R., Baldocchi, D.D., Bonan, G.B., Caldeira, K., Diffenbaugh, N.S., Field, C.B., Hungate, B.A., Jobbágy, E.G., Kueppers, L.M., Noyes, M.D. és Pataki, D.E., 2008: Protecting climate with forests. *Environ. Res. Lett.* 3 044006 (5pp) doi: 10.1088/1748-9326/3/4/044006
- Jacob, D., Kotova, L., Lorenz, P., Moseley, C. és Pfeifer, S., 2008: Regional climate modeling activities in relation to the CLAVIER project. *Időjárás* 112, 141-153.
- Jacob, D., Andrae, U., Elgered, G., Fortelius, C., Graham, L.P., Jackson, S.D., Karstens, U., Koepken, Chr., Lindau, R., Podzun, R., Rockel, B., Rubel, F., Sass, H.B., Smith, R.N.D., van den Hurk, B.J.J.M. és Yang, X., 2001: A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. *Meteorology and Atmospheric Physics* 77, 19-43.
- van der Linden, P. and Mitchell, J.F.B. (eds), 2009: ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK; 160pp.
- Mátyás, Cs., 2009: Ecological perspectives of climate change in Europe's continental, drought-threatened Southeast. In: Groisman, P.Y., Ivanov, S.V. (eds.): *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe*. NATO Science Series, Springer Verl. 31-42.
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüsler Á., Lakatos F., Móricz N., Rasztovíts E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P., és Gálos B., 2010: Erdők a szárazsági határon. „KLÍMA-21” Füzetek 61, 84-97.
- de Noblet-Ducoudré, N. és Coauthors, A., 2012: Determining Robust Impacts of Land-Use-Induced Land Cover Changes on Surface Climate over North America and Eurasia: Results from the First Set of LUCID Experiments. *J. Climate* 25, 3261-3281.
- Pielke, Sr., Pitman, R., A., Niyogi, R., Mahmood, C., McAlpine, F., Hossain, K., Klein-Goldewijk, U., Nair, R., Betts, S., Fall, M., Reichstein, P., Kabat, N., de Noblet-Ducoudré, N., 2011: Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. *WIREs Clim Change* 2: 828-850.
- Sánchez, E., Gaertner, M.A., Gallardo, C., Padorno, E., Arribas, A., és Castro, M., 2007: Impacts of a change in vegetation description on simulated European summer present-day and future climates. *Clim. Dyn.* 29, 319-332.
- Szalai S. és Mika J., 2007: A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In Mátyás Cs., és Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma V. NYME Sopron*, 133-143.